

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11084159 A**(43) Date of publication of application: **26.03.99**

(51) Int. Cl.

**G02B 6/22**(21) Application number: **09262804**(22) Date of filing: **10.09.97**(71) Applicant: **FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE**(72) Inventor: **AKASAKA YOICHI**(54) **DISPERSION FLAT FIBER**

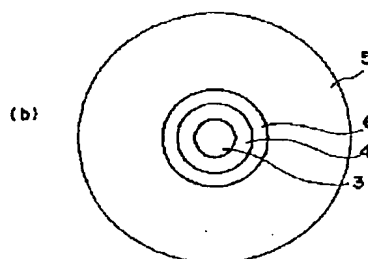
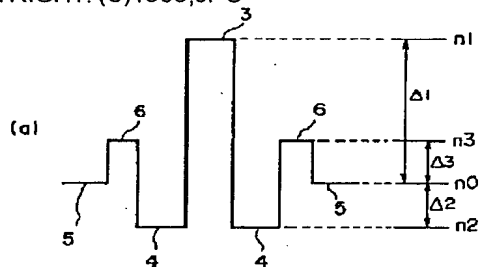
## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical fiber capable of suppressing the signal light distortion occurring in a wavelength dispersion characteristic and the signal light distortion occurring in a nonlinear phenomenon.

**SOLUTION:** The refractive index distribution structure in which the relation among the refractive index  $n_1$  of a center core 3, the refractive index  $n_2$  of a side core 4 around the same, the refractive index  $n_3$  of a segment core 6 around the same and the refractive index  $n_0$  of the clad layer 5 around the same is set at  $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$  is adopted. The difference  $(\Delta_1 - \Delta_2)$  between the specific refractive index difference  $\Delta_1$  of the center core 3 from the clad layer 5 and the specific refractive index difference  $\Delta_2$  of the side core 4 from the clad layer 5 is confined to 20.7%,  $\Delta_1$  to 20.6% and specific refractive index difference  $\Delta_3$  with the clad layer 5 of the segment core 6 is 20.3% and the mode field diameter at a wavelength 1550 nm is specified to about  $38.6 \mu\text{m}$ , by which low linearity is attained. In addition, the absolute value of a weight average dispersion slope from a wavelength 1530 nm to 1570 nm is confined to

about  $20.04 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ , by which the dispersion slope is flattened.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-84159

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/22

識別記号

F I

G 0 2 B 6/22

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-262804

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月10日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 赤坂 洋一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

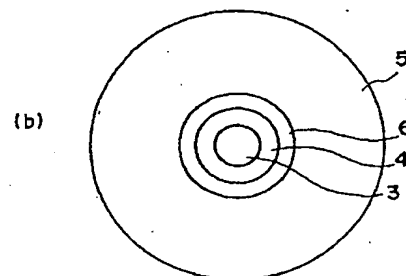
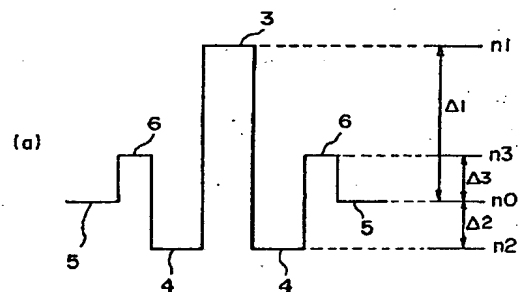
(74) 代理人 弁理士 五十嵐 清

(54) 【発明の名称】 分散フラットファイバ

(57) 【要約】

【課題】 波長分散特性に起因する信号光歪みと非線形現象に起因する信号光歪みをともに抑制可能な光ファイバを提供する。

【解決手段】 センタコア3の屈折率 $n_1$ と、その周りのサイドコア4の屈折率 $n_2$ と、その周りのセグメントコア6の屈折率 $n_3$ と、その周りのクラッド層5の屈折率 $n_0$ の関係を $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$ とした屈折率分布構造とする。センタコア3のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 1$ とサイドコア4のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 2$ との差( $\Delta 1 - \Delta 2$ )を0.7%以下、 $\Delta 1$ を0.6%以下、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ を0.3%以下として、波長1550nmにおけるモードフィールド直径を約8.6  $\mu\text{m}$ 以上とし、低非線形性を図り、且つ、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下として分散スロープ平坦化を図る。



(2)

特開平11-84159

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長1550nmにおけるモードフィールド直径を約8.6  $\mu\text{m}$ 以上とし、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下としたことを特徴とする分散フラットファイバ。

【請求項2】 波長1550nmにおける非線形定数を約4.5  $\times 10^{-10}$ 以下とし、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下としたことを特徴とする分散フラットファイバ。

【請求項3】 センタコアの周りを該センタコアと同心円状にサイドコアで覆い、該サイドコアの周りを該サイドコアと同心円状にセグメントコアで覆い、該セグメントコアの周りをクラッド層で覆い、前記センタコアの屈折率 $n_1$ と前記サイドコアの屈折率 $n_2$ と前記セグメントコアの屈折率 $n_3$ と前記クラッド層の屈折率 $n_0$ の関係を $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$ と成したことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の分散フラットファイバ。

【請求項4】 センタコアの周りを該センタコアと同心円状にサイドコアで覆い、該サイドコアの周りを該サイドコアと同心円状にセグメントコアで覆い、該セグメントコアの周りをクラッド層で覆い、前記センタコアの前記クラッド層との比屈折率差から前記サイドコアのクラッド層との比屈折率差を差し引いた値を0.7%以下とし、センタコアのクラッド層との比屈折率を0.6%以下とし、前記セグメントコアのクラッド層との比屈折率差を0.3%以下としたことを特徴とする請求項1又は請求項2又は請求項3記載の分散フラットファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特に、波長1.55  $\mu\text{m}$ 帯での波長多重(WDM)伝送や時間多重(TDM)伝送等の高速大容量光伝送に適した分散フラットファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】情報社会の発展により、通信情報量が飛躍的に増大する傾向にあり、光ファイバ通信における高速大容量化は必要且つ、不可欠の課題となっている。近年、この高速大容量化へのアプローチとして、例えばエルビウム添加光ファイバを用いた光増幅器(EDFA)による波長1550nm帯の光信号の増幅によって、信号光自体の大容量化を行うとともに、伝送方法の検討がなされており、波長多重(WDM)伝送や時間多重(TDM)\*

$$\phi_{NL} = 2\pi \times L_{eff} \times P \times (n_2 / A_{eff}) \div \lambda \cdots \cdots (1)$$

【0007】なお、式(1)において、 $L_{eff}$ は有効ファイバ長、 $P$ は入力光強度、 $\lambda$ は入力光の波長、 $n_2$ は非線形屈折率、 $A_{eff}$ は有効コア断面積であり、 $n_2 / A_{eff}$ は非線形定数と呼ばれている。この非線形定数の単位は1/Wである。また、有効コア断面積 $A_{eff}$ は係数を $K$ として $A_{eff} = K \times (MFD)^2$ の式として表すことができる(MFD:モードフィールド直径)。

2

\*伝送等の光伝送方法が検討されている。波長多重伝送は、異なる波長を持つ光信号を1本の光ファイバで伝送する方式であり、時間多重伝送は、複数のデジタル信号を信号ごとに時間位置を少しづつずらして重ね合わせて伝送する方式であり、どちらも高速大容量通信に適した光伝送方式である。

【0003】しかしながら、波長多重伝送の場合、上記のように複数の波長を信号光波長として用いるため、伝送用の光ファイバが有する波長依存性が光伝送の高速化を妨げる原因となり、特に、従来の光ファイバは、例えば信号光波長が長波長側にいくにつれて分散値が大きくなる正の分散スロープや、その逆に、信号光波長が長波長側にいくにつれて分散値が小さくなる負の分散スロープを有しており、これらの分散スロープの絶対値が大きくなればなるほど、信号光波長の長波長側と短波長側との分散格差が生じ、それにより、信号光の波形の歪みをもたらす。波長多重伝送による高速大容量光伝送を阻害する要因となる。なお、この光ファイバの波長分散スロープの存在は、時間多重伝送にも同様の信号光歪みを与えることになり、時間多重伝送による高速大容量光伝送を阻害する要因ともなっていた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】そこで、分散特性が波長に依存しないような、すなわち、前記分散スロープが小さい光ファイバを波長多重伝送や時間多重伝送等の伝送路に適用させれば、前記波長分散によって生じる信号の歪みを低減させることができると考えられるが、分散スロープが小さい、いわゆる分散フラットファイバは、従来、一般に、7  $\mu\text{m}$ 以下といった小さいモードフィールド直径(MFD)のものしかなく、波長多重伝送や時間多重伝送等の高速伝送においては光ファイバに入射する信号光強度が強いため、このようにモードフィールド直径が小さい光ファイバを波長多重伝送や時間多重伝送等の高速光伝送に用いると、非線形相互作用が大きくなり、非線形相互作用によって信号光の歪みが生じるといった新たな問題が生じる。

【0005】この歪みは、自己位相変調(SPM)あるいは相互位相変調(XPM)といわれるものであり、一般に、光信号の非線形現象(非線形相互作用)による歪み $\phi_{NL}$ は次式(1)により表される。

## 【0006】

※【0008】したがって、非線形屈折率が大きければ大きいほど、有効ファイバ長が長ければ長いほど、入力光強度が強ければ強いほど、有効コア断面積が小さければ小さいほど信号光の非線形現象による歪みが大きくなり、モードフィールド直径が小さければ小さいほど非線形現象による歪みが大きくなるのである。

【0009】そこで、非線形現象による歪みを小さくす

※50

(3)

特開平11-84159

3

るためにモードフィールド直径を拡大して形成した分散シフト光ファイバが提案されているが、このようにモードフィールド直径が大きい構造の光ファイバにおいては、前記分散スロープが大きくなるために、前記の如く、分散による信号歪みが生じることになる。以上のことから、従来は、波長分散特性が波長に依存せず、且つ、モードフィールド直径が大きい光ファイバは開発されておらず、したがって、非線形現象による信号光歪みと波長分散特性による信号光歪みの両方が小さい光ファイバは実現化できなかった。

【0010】本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、その目的は、光ファイバに生じる非線形現象による信号光歪みと分散特性により生じる信号光歪みの両方が小さく、それにより、例えば波長多重伝送や時間多重伝送等の高速大容量光伝送に適した分散フラットファイバを提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は次のような構成をもって課題を解決するための手段としている。すなわち、第1の発明は、波長150nmにおけるモードフィールド直径を約8.6  $\mu\text{m}$ 以上とし、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下とした構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0012】また、第2の発明は、波長1550nmにおける非線形定数を約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下とし、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下とした構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0013】さらに、第3の発明は、上記第1の発明又は第2の発明の構成に加え、センタコアの周りを該センタコアと同心円状にサイドコアで覆い、該サイドコアの周りを該サイドコアと同心円状にセグメントコアで覆い、該セグメントコアの周りをクラッド層で覆い、前記センタコアの屈折率 $n_1$ と前記サイドコアの屈折率 $n_2$ と前記セグメントコアの屈折率 $n_3$ と前記クラッド層の屈折率 $n_0$ の関係を $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$ と成した構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0014】さらに、第4の発明は、上記第1の発明又は第2の発明又は第3の発明の構成に加え、センタコアの周りを該センタコアと同心円状にサイドコアで覆い、該サイドコアの周りを該サイドコアと同心円状にセグメントコアで覆い、該セグメントコアの周りをクラッド層で覆い、前記センタコアの前記クラッド層との比屈折率差から前記サイドコアのクラッド層との比屈折率差を差し引いた値を0.7%以下とし、センタコアのクラッド層との比屈折率を0.6%以下とし、前記セグメントコアのクラッド層との比屈折率差を0.3%以下とした構成をもって課題を解決するための手段としている。

【0015】前記の如く、光信号の非線形現象による歪

4

みは、前記式(1)により表され、光ファイバの非線形定数が小さければ小さいほど、モードフィールド直径が大きければ大きいほど小さくなる。上記構成の本発明の分散フラットファイバは、波長1550nmにおけるモードフィールド直径が約8.6  $\mu\text{m}$ 以上と大きい値であったり、同波長における非線形定数が約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下と小さい値であるために、光信号の非線形現象による歪みを抑制することが可能となり、光伝送の低非線形性が確保される。

10 【0016】また、光信号の分散特性による歪みは、光ファイバの分散スロープが小さければ小さいほど小さくなるものである。従来一般的に用いられている波長1.30  $\mu\text{m}$ 帯零分散シングルモード光ファイバや、分散シフト光ファイバ、あるいは零分散波長が使用波長帯から外れているノンゼロ分散シフト光ファイバと呼ばれる光ファイバは、最低でも0.05ps/nm<sup>2</sup>/kmの分散スロープを有しているのに対し、本発明の分散フラットファイバは分散スロープが0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下であり、一般的な分散シフト光ファイバの約半分以下の小さい値であるために、光ファイバの波長分散特性による歪みを抑制することが可能となる。

【0017】以上のように、本発明においては、1550nmにおけるモードフィールド直径を拡大したり、非線形定数を小さくしたりすることによって、非線形現象による信号光の歪みが抑制され、且つ、分散スロープを小さくすることにより、波長分散特性による信号光歪みが抑制されるために、波長多重伝送や時間多重伝送等の高速大容量光伝送に適した光ファイバとすることが可能となり、上記課題が解決される。

30 【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。本実施形態例の分散フラットファイバは、波長1550nm (1.55  $\mu\text{m}$ ) におけるモードフィールド直径が約8.6  $\mu\text{m}$ 以上であり、同波長における非線形定数が約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下であり、さらに、波長1530nmから1570nmまで(波長1550nm帯)の平均分散スロープの絶対値が約0.04ps/nm<sup>2</sup>/kmであり、図1に示す屈折率分布および横断面構造を有している。

【0019】同図において、センタコア3の周りをセンタコア3と同心円状にサイドコア4で覆い、サイドコア4の周りをサイドコア4と同心円状にセグメントコア6で覆い、セグメントコア6の周りをクラッド層5で覆って分散フラットファイバが形成されており、センタコア3の屈折率 $n_1$ とサイドコア4の屈折率 $n_2$ とセグメントコア6の屈折率 $n_3$ とクラッド層5の屈折率 $n_0$ の関係が、 $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$ と成している。

【0020】なお、同図の(a)に示すように、センタコア3の周りにサイドコア4によって形成されたデュプレスト層を有し、さらに、デュプレスト層の周りにセグメントコア6を設けて形成した同図に示すような屈折率

50

(4)

特開平11-84159

5

分布構造をデュプレスト付セグメント構造と呼ぶ。このように、本実施形態例においては、分散フラットファイバの屈折率分布構造をデュプレスト付セグメント構造にし、センタコア3の周りにデュプレスト層を形成することによって、光ファイバの分散特性を波長に対して平坦化して波長分散スロープを小さくし、それにより、波長分散特性を波長に依存しないものとし、さらに、この波長分散スロープの低減化によって生じる曲げ損失の増加を抑えるために、デュプレスト層の周りにセグメントコア6を設けて曲げ損失の増加を抑制している。

【0021】また、本出願人はこのようなデュプレスト\*

$$\Delta 1 = \{ (n_1^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (2)$$

【0024】また、サイドコア4のクラッド層5との比屈折率差を $\Delta 2$ とし、 $\Delta 2$ は次式(3)により定義して※

$$\Delta 2 = \{ (n_2^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (3)$$

【0026】さらに、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差を $\Delta 3$ とし、 $\Delta 3$ を次式(4)により定★

$$\Delta 3 = \{ (n_3^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (4)$$

【0028】図2から明らかなように、センタコア3のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 1$ とサイドコア4のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 2$ の差( $\Delta 1 - \Delta 2$ )が、図2に示す範囲(約0.5～約0.11%)においては、( $\Delta 1 - \Delta 2$ )の値が小さくなるにつれてモードフィールド直径が大きくなる傾向を示し、( $\Delta 1 - \Delta 2$ )の値を約0.7%以下とすると、モードフィールド直径が約8.6  $\mu\text{m}$ 以上となることが分かる。

【0029】ただし、サイドコア4のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 2$ の絶対値が0.1以上ない場合、すなわち、センタコア3のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 1$ が0.6%以下でない場合は、サイドコア3のデュプレスト層による分散スロープ平坦化の効果が小さくなり、光ファイバの分散スロープが0.04ps/nm<sup>2</sup>/kmを越えてしまうことが確認された。

【0030】さらに、本出願人が、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ と光ファイバのカットオフ波長との関係を検討したところ、図3に示す結果が得られ、 $\Delta 3$ が0.3%を越えるとカットオフ波長が1550nmを越えてしまうことが分かった。すなわち、 $\Delta 3$ が0.3%を越えると、波長1550nmにおいてシングルモード伝送が維持できなくなることを示しており、したがって、波長1550nmにおける波長多重伝送や時間多重伝送等の高速大容量光伝送を行うためには、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ を0.3%以下とする必要がある。

【0031】本実施形態例では、以上の検討結果に基づき、図1に示すデュプレスト付セグメント構造の屈折率分布構造を有し、センタコア3のクラッド層5に対する比屈折率差 $\Delta 1$ とサイドコア4のクラッド層5に対する比屈折率差 $\Delta 2$ との差( $\Delta 1 - \Delta 2$ )を0.7%以下とし、且つ、センタコア3のクラッド層5との比屈折率差☆50

6

\*付セグメン構造を有する光ファイバにおいて、モードフィールド直径を大きくできる構造を得るための条件を検討するために、センタコア3のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 1$ とサイドコア4のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 2$ との差( $\Delta 1 - \Delta 2$ )と、分散フラットファイバのモードフィールド直径との関係を検討した。その検討結果は図2に示されている。

【0022】なお、本明細書では、センタコア3のクラッド層5との比屈折率差を $\Delta 1$ とし、次式(2)により定義している。

【0023】

$$\Delta 1 = \{ (n_1^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (2)$$

※いる。

【0025】

$$\Delta 2 = \{ (n_2^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (3)$$

★義している。

【0027】

$$\Delta 3 = \{ (n_3^2 - n_0^2) / 2n_0^2 \} \times 100 \dots \dots (4)$$

☆ $\Delta 1$ を0.6%以下とし、さらに、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ を0.3%以下とした屈折率分布の最適プロファイル条件を与えることにより、波長1550nmにおけるモードフィールド直径を約8.6  $\mu\text{m}$ 以上とし、同波長における非線形定数を約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下とし、さらに、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下とすることができた。

【0032】本実施形態例によれば、以上のようにして屈折率分布の最適プロファイル条件を与え、波長1550nmにおけるモードフィールド直径を約8.6  $\mu\text{m}$ 以上の大きい値にし、同波長における非線形定数を約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下の小さい値にすることにより、光ファイバの非線形現象により生じる歪みを抑制することが可能となり、光伝送の低非線形性を確保することができる。また、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープの絶対値を約0.04ps/nm<sup>2</sup>/km以下の小さい値とすることにより、光ファイバの波長分散特性により生じる歪みを抑制することが可能となり、したがって、非線形現象による光信号の歪みと波長分散特性による光信号の歪みをともに抑制可能な優れた分散フラットファイバとすることができ

る。

【0033】また、本実施形態例によれば、前記の如く、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ を0.3%以下とすることにより、カットオフ波長を1550nm以下とすることができ、波長1550nmでのシングルモード伝送を確実に維持することができる。

【0034】したがって、本実施形態例の分散フラットファイバを波長1550nm帯を使用波長帯とする波長多重伝送や時間多重伝送等の高速大容量光伝送に適用することにより、信号の歪みを抑制し、高品質で高速大容量光伝送を行えるようにすることができる。



(5)

特開平11-84159

7

8

【0035】(実施例)次に本発明の分散シフト光ファイバの具体的実施例を説明する。本発明者は、前記検討結果に基づき、前記デュプレスト付セグメント構造の屈折率分布を有し、 $\Delta 1 - \Delta 2 \leq 0.7\%$ であり、 $\Delta 1$ の値を $0.45\%$ 、 $\Delta 2$ の値を $-0.15\%$ に設定した分散フラットファイバ#1、#2を試作した。なお、この#1、#2の試作光ファイバは、セグメントコア6のクラッド層5との比屈折率差 $\Delta 3$ を $0.3\%$ 以下の値、すなわち、#1の光ファイバの $\Delta 3$ を $0.15\%$ 、#2の光ファイバの $\Delta 3$ \*

\*を $0.25\%$ としている。

【0036】表1はこの試作した分散シフト光ファイバ#1、#2の屈折率分布構造の条件とそのファイバ特性を、比較例1としての通常の分散シフト光ファイバ(通常DSF)および比較例2としてのセグメントコア6を持たないW型屈折率分布構造の光ファイバ(分散フラットファイバ)との比較状態で示したものである。

【0037】

【表1】

ファイバ名	#1	#2	比較例1	比較例2
屈折率分布	デュプレスト付 セグメント型	デュプレスト付 セグメント型	階段型 (図4)	W型 (図5)
$\Delta 1 [\%]$	0.45	0.45	0.80	0.85
$\Delta 2 [\%]$	-0.15	-0.15	0.15	-0.35
$\Delta 3 [\%]$	0.15	0.25	—	—
MFD [ $\mu\text{m}$ ]	9.10	9.50	7.60	5.50
非線形定数 [ $10^{-10} / \text{W}$ ]	4.0	3.9	7.0	7.8
分散値 [ $\text{ps}^2 / \text{nm} / \text{km}$ ]	0.8	-0.1	0.1	0.2
分散スロープ [ $\text{ps}^3 / \text{nm}^2 / \text{km}$ ]	-0.005	0.025	0.08	0.005
伝送損失 [ $\text{dB} / \text{km}$ ]	0.21	0.21	0.21	0.22

【0038】この表1において、分散値と分散スロープ、モードフィールド径(MFD)と伝送損失は波長 $1.55\mu\text{m}$ の光信号を伝搬させたときの測定結果である。

【0039】この表1から明らかなように、本実施形態例の分散フラットファイバでは、従来の一般的な分散シフト光ファイバや、セグメントコア6をもたないW型屈折率分布構造を備えた分散フラットファイバに比べ、モードフィールド直径を格段に大きくし、且つ、非線形定数を格段に小さくでき、さらに、分散スロープの絶対値を $0.005$ 又は $0.025 \text{ ps}^3 / \text{nm}^2 / \text{km}$ の非常に小さい値にすることができた。また、光の伝送損失の比較例の分散シフト光ファイバや分散フラットファイバとはほぼ同様の小さい値とすることができた。

【0040】さらに、表1には示されていないが、比較例2に示したように、セグメントコア6を持たないW型屈折率分布構造の分散フラットファイバにおいては、例えばモードフィールド直径を拡大した場合、それに伴い曲げ損失が生じることになるが、本実施形態例の分散フラットファイバにおいては、サイドコア4の外周側にセグメントコア6を設けることにより、前記の如く、モ—※50

※ドフィールド直径を大きくできたにも拘わらず、曲げ損失を例えば従来の分散シフト光ファイバと遜色がないものとすることができた。

【0041】

【発明の効果】本発明によれば、エルビウム添加光ファイバを用いた光増幅器(EDFA)の利得帯域である波長 $1550\text{nm}$ 帯(波長 $1530\text{nm}$ から $1570\text{nm}$ まで)の平均分散スロープの絶対値を約 $0.04 \text{ ps}^3 / \text{nm}^2 / \text{km}$ 以下の小さい値とし、且つ、波長 $1550\text{nm}$ におけるモードフィールド直径を約 $8.6 \mu\text{m}$ 以上の大きい値としたり、波長 $1550\text{nm}$ における非線形定数を約 $4.5 \times 10^{-10}$ 以下の小さい値にしたものであるから、光ファイバの波長分散特性による信号光の歪みと非線形現象による信号光の歪みをとともに抑制することができる優れた分散フラットファイバとすることができる。そのため、本発明の分散フラットファイバを、例えばEDFAを備えた波長多重伝送や時間多重伝送の高速大容量光伝送の伝送路として適用することにより、高品質の高速大容量光伝送を行うことができる光伝送システムの構築を図ることができる。

【0042】特に、センタコアの周りを該センタコアと

(6)

特開平11-84159

9

10

同心円状にサイドコアで覆い、該サイドコアの周りを該サイドコアと同心円状にセグメントコアで覆い、該セグメントコアの周りをクラッド層で覆い、前記センタコアの屈折率 $n_1$ と前記サイドコアの屈折率 $n_2$ と前記セグメントコアの屈折率 $n_3$ と前記クラッド層の屈折率 $n_0$ の関係を $n_1 > n_3 > n_0 > n_2$ と成したことにより、上記非線形現象および波長分散特性に起因した信号光歪みを抑制可能な分散フラットファイバを容易に構成することが可能となる。

【0043】そして、前記センタコアのクラッド層との比屈折率差からサイドコアのクラッド層との比屈折率差を差し引いた値を0.7%以下とすることにより、波長1550nmにおけるモードフィールド直径を約8.6 $\mu\text{m}$ 以上の大きい値に設定することができる。また、センタコアのクラッド層との比屈折率差を0.6%以下とすることにより、前記の如く、波長1530nmから1570nmまでの平均分散スロープを平坦化することが可能となり、セグメントコアのクラッド層との比屈折率差を0.3%以下とすることにより、光ファイバのカットオフ波長を1550nm以下とし、波長1550nm帯でのシングルモード伝送を確実に維持

することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る分散フラットファイバの屈折率分布構造(a)と、横断面構造(b)を示す構成図である。

【図2】上記実施形態例におけるセンタコアのクラッド層との比屈折率差からサイドコアのクラッド層との比屈折率差を差し引いた値( $\Delta 1 - \Delta 2$ )と、光ファイバのモードフィールド直径との関係を示すグラフである。

【図3】上記実施形態例におけるセグメントコアのクラッド層との比屈折率差と光ファイバのカットオフ波長との関係を示すグラフである。

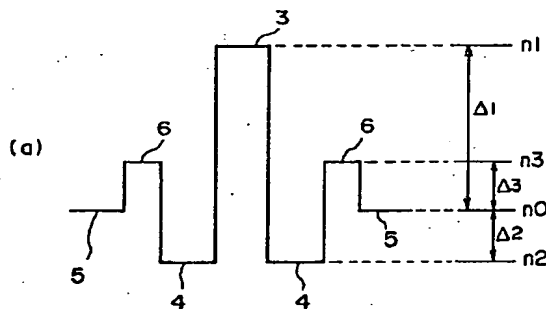
【図4】階段型の屈折率分布構造を示す説明図である。

【図5】W型屈折率分布構造を示す説明図である。

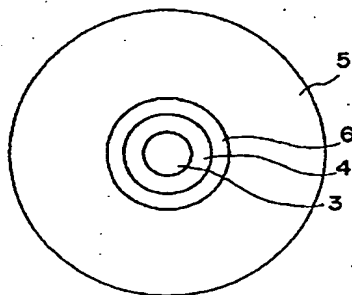
【符号の説明】

- 3 センタコア
- 4 サイドコア
- 5 クラッド層
- 6 セグメントコア

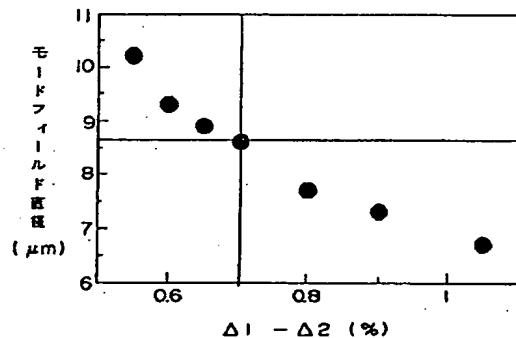
【図1】



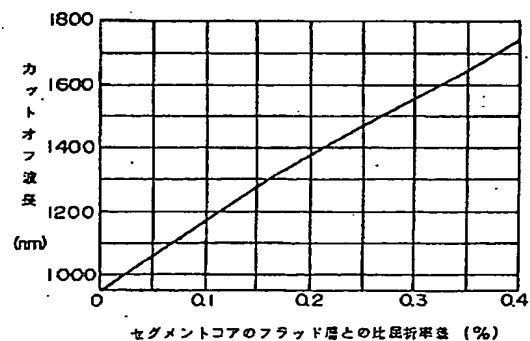
(b)



【図2】



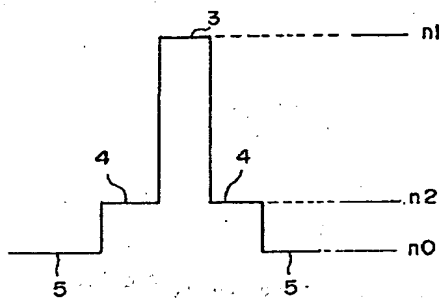
【図3】



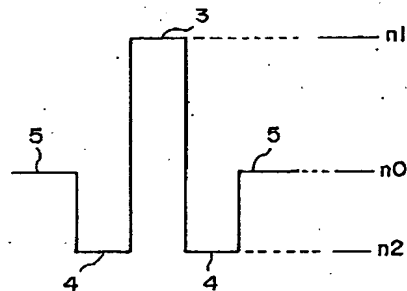
(7)

特開平11-84159

【図4】



【図5】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**